

최대전력 분석시뮬레이터 개발 및 조명설비 제어 시뮬레이션

(Maximum Power Analysis Simulator Development & Lighting Installation Control Simulation)

장흥순* · 한영섭 · 서상현**

(Hong-Soon Chang · Young-Sub Han · Sang-Hyun Soe)

Abstract

The maximum power analysis simulator took advantage of the facilities and power consumption reduction simulator test scenario development and testing of improvement in the scenario. As a maximum demand power controller, Maximum power analysis simulator performs control and disperasion of maximum demand power by calculating base power, load forecast, and present power which are based on signal of watt-hour meter to keep the electricity under the target. In addition, various algorithms to select appropriate control methode on each of the light installations through the peak demand power is configured to management. The simulation shows the success of control power for the specified target controlled by five sequential lighting installations.

Key Words : Current Power, Maximum Power Management Unit, Predictive Power

1. 서 론

1.1 연구의 배경

여름철마다 기후 변화에 따른 냉방부하의 증가로 인해 국가 전체의 전력공급 안정성이 크게 영향을 받고

* 주저자 : 한국산업기술대학교 에너지전기공학과 교수
** 교신저자 : 한국산업기술대학교 전력에너지저감센터 연구원
* Main author : Korea Polytechnic University
department of Energy & Electrical
Engineering Prof

** Corresponding author : Korea Polytechnic
University Energy Saving Management
Center researcher

Tel : 031-8041-1953, Fax : 031-8041-1955

E-mail : sshyeon1@hanmail.net

접수일자 : 2013년 1월 10일

1차심사 : 2013년 1월 12일

심사완료 : 2013년 2월 25일

있다. 사회 전반적인 생활수준이 향상되고 산업발전에 따른 전력 에너지 사용량이 폭발적 증가로 인해 국가 전체의 전력공급 안정성이 크게 영향을 받고 있다. 예상되는 피크수요의 일정부분 예비력을 감안하여 발전설비를 구축한다. 그러므로 스마트 그리드를 통해 소비 전력사용시간을 분산할 경우 그만큼의 발전소 건설이 필요치 않아 전력사업자는 물론 국가적으로도 비용이 감소하며, CO₂ 배출량도 감소라는 다양한 이점을 얻을 수 있다. 우리나라에서는 2001년 5월부터 직접부하제어 제도를 시행하고 있다. 아직은 시행초기 단계로 국내에서 관련 기술이 개발 중이기는 하나 기반이 미약하여 최종 소비자에 대한 기술적인 접근 방법과 이에 대한 정보 부재가 장애요인으로 대두되고 있다. 따라서 최종 소비자가 목표전력관리 및 전력사용량을 모니터링 함으로써 전력관리에 대한 정보를

얻을 수 있는 것이 중요하다. 최대전력 분석시뮬레이터를 통해 각종 전력데이터 수집 및 관리 기능으로 인한 합리적인 전력관리 시스템 구축이 가능하다고 판단된다.

1.2 최대전력 분석시뮬레이터 구성

전력목표관리 시뮬레이터는 최대수요전력을 관리하는 장치로 전자식 전력량계의 신호로부터 기준전력, 예측전력, 현재전력을 연산하여 목표전력을 억제 및 분산시키는 역할을 한다. 또한 각종 알고리즘을 가지고 있어 각 수용가에 맞는 제어방식을 선택하여 최대수요전력을 관리할 수 있도록 구성되어 있다. 시뮬레이터가 연결되는 서버를 포함한 전체 구성도는 그림 1, 2와 같다.

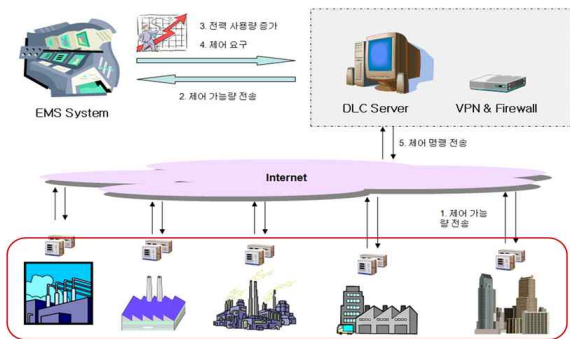


그림 1. 서버 통신 구성도-1
Fig. 1. Server system configuration-1

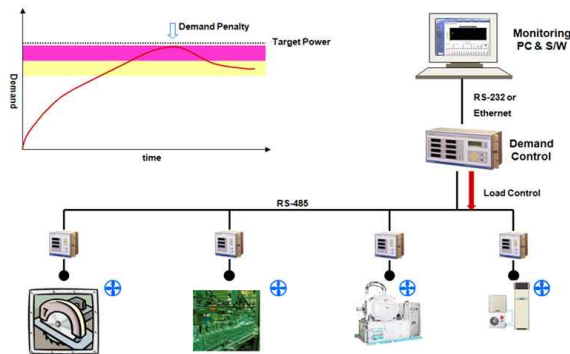


그림 2. 서버 통신 구성도-2
Fig. 2. Server system configuration-2

시뮬레이터는 Demand Controller(DC)를 중심으로 모니터링 PC, 전자식 전력량계, 직결부하용 Digital Output(DO), Remote Control Unit(RCU)와 연결되어 수용가의 수요관리를 수행하고 원격지의 서버와 인터넷을 통해 연결되어 제어, 모니터링작업을 수행한다.

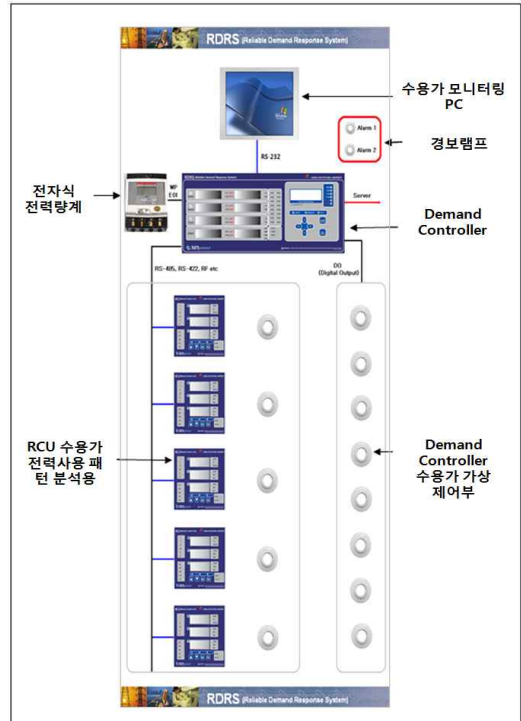


그림 3. 시뮬레이터 구성도
Fig. 3. Simulator configuration

DC는 원격지의 서버에서 설정된 주기마다 수용가 15분 수요전력, 예측전력, 목표전력, 기준전력, 15분 수요시간, 부하상태, 시스템 시간, RCU 전압(R S T), 전류(R S T), 역률(R S T), 피상전력(R S T), 15분 수요전력, 부하제어 지령 명령, 제어전후 알람 명령 송수신, 각종 보고서 송수신 등을 송수신한다. 또한 DC는 연결된 RCU의 전력데이터(전압(R S T), 전류(R S T), 역률(R S T), 피상전력(R S T), 15분 수요전력)를 수집하여 DC 표시 장치에 데이터를 표시 및 저장하는 기능을 가지고 있다. DC는 계량기로부터 전력량 신호 및 End Of Interval(EOI) 신호선 펄스를 입력받아 수용가에서 최대수요전력관리를 할 수 있도록 구성되어

있으며, 이 기능은 하계 피크 발생을 억제시켜 수용가에 전력요금 절감 효과를 가져 올 수 있다.

RCU는 DC의 부하제어 명령을 수신 받아 부하제어를 수행하고 연결된 부하의 전력 데이터 및 부하상태를 송수신한다. DC와 RCU간은 RS-485통신 방식을 이용하여 연결되며 MODBUS 및 ASCII 프로토콜을 제공한다. RCU의 기능은 정밀한 전력데이터 측정(전자식 전력량계급 정밀도 0.5급)이 가능하고, 3상 전압, 전류, 역률, 유효·무효·피상전력 및 15분 수요전력, 주파수 측정이 가능하다. 연결장치 구성도는 그림 3과 같다.

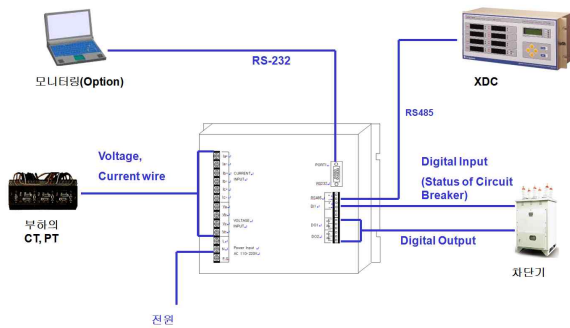


그림 4. RCU 연결장치 구성도
Fig. 4. RCU of the connecting device configuration

2. 제어 알고리즘

전자식 전력량계에서 입력되고 있는 펄스의 수를 계수하여 현재전력 P_t (디맨드 시한 시작 후 사용된 전력량)를 구한다. 현재전력 P_t 와 기준전력 P_r , 그리고 남은 수요시한 등을 이용하여 예측전력 Q 를 구한다.

“예측전력>목표전력, 현재전력>기준전력” 초과 시 DC는 연결된 부하를 차단함으로써 15분 수요시한동안 수용가의 사용전력이 목표전력 이하가 되도록 조정한다.

기준전력은 0에서 목표전력까지 최단거리를 갖는 전력들에서 현 수요시한대의 전력을 의미한다.

$$\text{기준전력} = \left\{ \frac{\text{목표전력}}{\text{남은 수요시한(초)}} \right\} \times \text{경과시간(초)} \quad (1)$$

현재전력은 수요시한 시작 후 현재까지 사용된 전력량을 의미한다.

$$\text{현재전력량} = (\text{합성변성비} / \text{펄스정수}) \times \text{적산펄스수} \times (60 / \text{수요시한(분)}) \quad (2)$$

$$\text{합성변성비} = \text{CT비} \times \text{PT비} \quad (3)$$

$$\text{펄스 정수} = \text{kWH당 출력 펄스의 개수} \quad (4)$$

예측전력은 단위시간당 전력변화량을 이용하여, 수요시한 종료 시 도달될 것으로 예상되는 전력량을 의미한다.

$$\text{예측전력} = \text{현재전력} + \left(\frac{\text{단위시간당 전력변화량}}{\text{단위시간(분)}} \right) \times \text{남은 수요시한(분)} \quad (5)$$

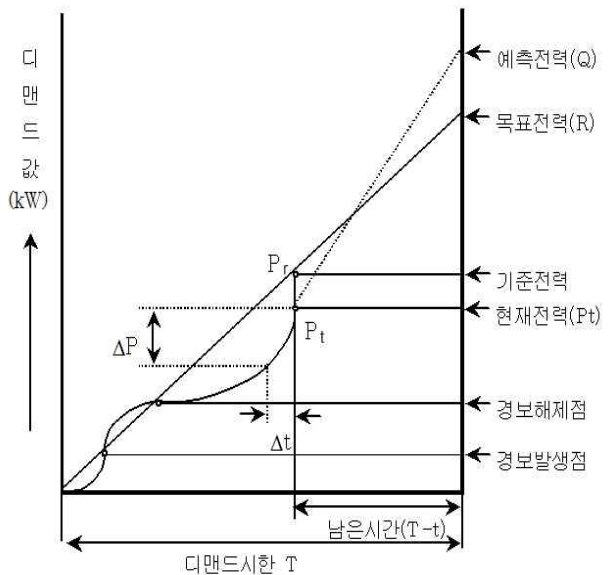


그림 5. 시간에 따른 디맨드 값
Fig. 5. Demand values over time

3. 결과

3.1 제어방식

수용가에 설치되는 DC는 전자식 전력량계의 전력

량 펄스(Watt/Hour Pulse = WP) 15분 수요시간 펄스(End Of Interval = EOI)와 연결되어 전자식 전력량계의 15분 수요시간(Demand Time = 한국 15분)동안의 전력량 펄스를 누적하여 전력량계의 계기 정수와 수용가 MOF반의 CT 및 PT비의 곱을 통해 수용가 전력량 사용량 및 예측 사용량을 계산하여 Demand Control 알고리즘을 계산한다. DC는 Demand Control 알고리즘을 통해 제어가 필요하게 되면 자체 내장된 DO(Digital Output)접점을 ON/OFF하여 이 접점과 연결된 부하를 제어한다. 수용가 부하는 수용가의 DO1 ~ DO8의 부하상태를 의미한다. 점등이 되어 있으면 부하상태가 ON, 소등되어 있으면 부하상태 OFF로 표시된다. 자동은 DO1 ~ DO8의 수용가용 부하의 접점 On/Off를 자동으로 제어하여 현재전력이 목표전력을 넘지 못하게 하겠다는 의미를 나타낸다. 아래 사진에서 경보상태가 1단 경보에 불이 들어와 있는데 현재전력 > 기준전력, 예측전력 > 목표전력 초과 시 불이 들어온다.



그림 6. 구동중인 시뮬레이터
Fig. 6. Running the simulator

3.2 시뮬레이션 결과

본 시험에서는 DO1 ~DO8을 모두 가동하는 상태로 목표전력 1600W로 설정하고 시뮬레이션을 실행했다. 그림 6을 보면 15분 주기의 제어 초기에는 부하의 부족전력을 보충하기 위해 1분간 제어를 실시하지 않고 그 이후 제어부하 각각에 적용된 전력 값에 따라 최종 소비전력이 목표전력량을 초과하지 않도록 부하에 공급되는 전력을 순차적으로 제어했다. 초기 과도제어 구간을 제외한 각 피크부분에서 예측전력이 목표전력을 초과할 경우 각 부하에 대한 제어가 순차적으로 이루어져 목표전력 이하로 제어에 성공하는 모습을 보이고 있다. 최종적으로 부하 5개가 on된 상태에서 1,600W 목표전력량에 대한 제어를 성공하는 화면을 보여준다.

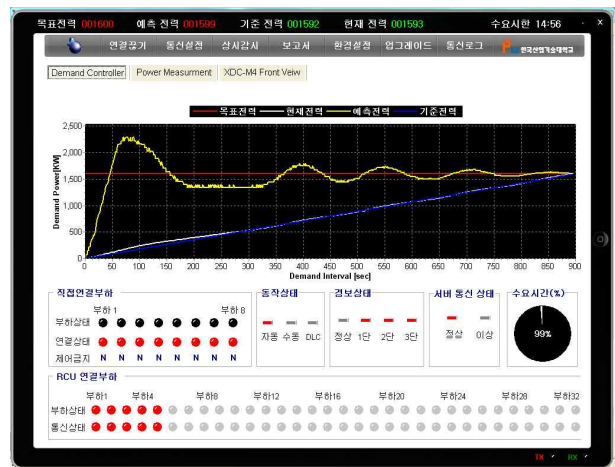


그림 7. 고정 목표전력에 대한 제어성공 시뮬레이션
Fig. 7. Control the success of the simulation for the fixed target power

4. 결론

- (1) 부하 사용량 및 전력을 저감하기 위한 최대전력 분석 시뮬레이터를 개발하였다.
- (2) 본 시뮬레이션에서는 5개의 부하를 모두 가동한 상태로 목표전력 1,600W로 설정, 최종적으로 부하가 모두 가동된 상태에서 목표전력에 대한 제어가 성공하였다.

- (3) 향후 목표전력 관리 모의 시뮬레이션 및 부하제어 시험 시나리오 개선 등에 활용이 가능하다.
- (4) 추후 시뮬레이터를 모니터링 웹서버, DB서버에 연동하여 데이터 저장 및 분석이 가능하다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 지식경제부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

References

- [1] Jong-Hyun Lee, So-Yeong Seol, Won-suk Ko, Si-Hwa Bae, Jung-In Choi, Jun-Hee Hong, "Calculating the Optimal Capacity of Energy Storage System to Reduce CO₂ Emission for Power System in Je-Ju", KIEE, Vol 59, No 7, Jul 2010.
- [2] Tae-Yong Song, Bong-Hwan Hwang, "The Analsis of 2004 Summer Peak Load in Korea Power system, KIEE, Nov 2004.
- [3] Hyun-Sang Cho, Sang-Hyun Seo, Yo-Hee Kim, Hong-soon Chang, "Development of Wide Area Electric Energy Saving Management System For SMEs", KIEE, Jul 2011.
- [4] Peter Palensky, Dietmar Dietrich, "Demand Side Management Demand Response, Intelligent Energy System, and Smart Loads" IEEE Transactions on, Vol 7, NO 3, pp 381-388, Aug 2011.
- [5] Seon-Ku Cho, Hong-Suk Moon, Won-Bin Lee, "A study on the Implementation of a Remote Control System for Peak Load Clipping", KIEE, Nov 1995.
- [6] Hong-soon Chang, Hyun-Sang Cho, Sang-Hyun Seo, Yo-Hee Kim, "Infrastructure development of the test certification and management system for electrical energy saving of small and medium businesses located in SuhHaeAn indutrial cluster, pp135-157, Mar 2012.

◇ **저자소개** ◇



장홍순 (張洪淳)

1955년 5월 17일생. 2001년 동국대학교 전기공학과 졸업(박사). 2013년 현재 한국산업기술대학교 에너지전기공학과 교수 재직.



한영섭 (韓榮燮)

1986년 4월 18일생. 2011년 한국산업기술대학교 나노 광공학과 졸업. 2013년 2월 한국산업기술대학교 전기공학과 졸업(석사).



서상현 (徐相賢)

1969년 9월 24일생. 2003년 동국대학교 전기공학과 졸업(박사). 2013년 현재 한국산업기술대학교 전력에너지저감센터 연구원.